

Entwicklung der tetartosymmetrischen Abtheilung des hexagonalen Krystallsystems, nebst Bemerkungen über das Auftreten der Circularpolarisation.

Von **Aristides Brezina**,

Assistenten am k. k. Hofmineralien cabinet.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. December 1869.)

Unter dem Namen rhomboedrische Tetartoedrie hat Naumann eine Abtheilung des hexagonalen Systems beschrieben, die allein unter allen bisher bekannten Krystallformen in Prof. v. Lang's streng systematischer Krystallographie ¹⁾ nicht entwickelt wurde. Von Lang schreibt darüber anmerkungsweise:

„Es ist hier noch zu bemerken, daß an einigen rhomboedrischen Mineralien, wie Diopas, Phenakit, Titaneisenerz Rhomboeder angegeben werden, deren Flächenpole zwischen die Hauptschnitte fallen, und die daher gegen die eigentlichen Rhomboeder eine mehr oder weniger gedrehte Stellung haben.

Solche Formen würden eigentlich ein System bedingen, in welchem der allgemeinste Fall gleichwerthiger Ebenen nur durch drei untereinander und zur morphologischen Axe gleich geneigte Ebenen gegeben ist, also ein tetartohexagonales System. Obwohl freilich die physikalischen Eigenschaften der genannten Mineralien sehr unvollständig untersucht sind, so scheinen doch für dieselben die gewöhnlichen Symmetrieverhältnisse rhomboedrischer Krystalle zu gelten, so daß jene Rhomboeder, welche meist untergeordnet auftraten, wohl nur als eine Art Meroedrie des Scalenoeders aufzufassen sind. Die Flächen eines Scalenoeders, die sich in abwechselnden Seitenkanten schneiden, bilden natürlich für sich ein Rhomboeder von der angegebenen Stellung“.

¹⁾ V. v. Lang Krystallographie, Wien 1866.

Auf Aufforderung des Hrn. Prof. v. Lang gebe ich im nachfolgenden die Entwicklung dieser Gestalten als tetartosymmetrischen im engsten Anschlusse an das v. Lang'sche System der Krystallographie.

Zunächst ein paar Worte über die Berechtigung dieser Auffassung. v. Lang stellt als zweites Grundgesetz das der Holo- und Hemisymmetrie auf; letzteres in der Art, daß die (physikalisch) gleichwerthigen Ebenen eines Krystalles nur die Hälfte eines einfachen Complexes bilden, der nach den Flächen eines der charakteristischen Flächencomplexes des Krystalles ischematisch ist. Diese Hälfte von Ebenen des einfachen Complexes muß jedoch so angeordnet sein, daß für je solche der Flächen S , die im Falle der Holo- symmetrie gleichwerthig wären, entweder Symmetrie stattfindet oder dieselbe auf gleiche Weise gestört ist.

Ganz dieselbe Betrachtungsweise läßt sich offenbar auf eine Viertheilung der Anzahl gleichwerthiger Ebenen ausdehnen, sofern nur die obige Beschränkung auch in diesem Falle berücksichtigt wird.

Wenn es also möglich ist, so beschaffene Flächengruppen aus den gleichwerthigen Flächen eines holohexagonalen Complexes herauszuheben, so wird eine derartige Gestalt jedenfalls physikalisch vorkommen können und ihr wirkliches Auftreten in der Natur zu constatiren, wird lediglich eine Sache der Erfahrung sein.

Das zweite Grundgesetz der Krystallographie pag. 99, wäre also derart auszusprechen: „Ein Krystall ist in krystallographischer und physikalischer Hinsicht entweder holo- oder hemi- oder tetartosymmetrisch nach allen Flächen eines seiner charakteristischen Flächencomplexes.

Die nunmehrige Erweiterung dieses Satzes ist jedoch, wie die Betrachtung der Fig. 97, Tab. III, Fig. 173, 200, 210, 218 Tab. V l. c. zeigt, ohne modificirenden Einfluß auf die Entwicklung des tesseralen, quadratischen, prismatischen, mono- und triklinen Systemes, da in denselben eine Tetartosymmetrie unter der angegebenen Bedingung unmöglich ist. Anders im hexagonalen Systeme.

Betrachten wir nämlich Fig. 1, Tab. I, die uns in sphärischer Projection die allgemeine Flächenvertheilung im hexagonalen System zeigt, so ist unmittelbar klar, daß vom Pole hkl ausgehend, eine, und nur eine tetartosymmetrische Flächenvertheilung bei Berücksichtigung der obengestellten Bedingung möglich ist.

Es ist dies die Wahl von drei Polen

$$hkl \quad lhk \quad klh. \quad \} A$$

Vermöge der angenommenen Beschränkung muß ja die Symmetrie bezüglich gleichwerthiger Symmetrieebenen auf gleiche Weise gestört sein. Von hkl ausgehend ergeben sich deßhalb mit Nothwendigkeit die beiden anderen Flächen als gleichwerthig. Wollte man von einem anderen Pole als hkl ausgehen, so würde dies selbstverständlich keine neue Art der Flächencombination liefern.

Bei dieser, der einzig möglichen, Tetartosymmetrie ist keiner der Hauptschnitte mehr Symmetrieebene; in Folge dessen werden alle Axen triclinische und hören auf, Hauptaxen zu sein. Die Wahl von krystallographischen Axen wird conventionell sein, und hauptsächlich mit Rücksicht auf Spaltbarkeit oder Analogie mit anderen Substanzen zu erfolgen haben.

Zur Bildung der allgemeinsten hierhergehörigen Form, die wir durch ein vorgesetztes τ als tetarto-hexagonal bezeichnen, schließen sich den im Schema A angegebenen Flächen die ihnen parallelen an und bilden.

1. Das Tritorhomboider $\tau \{hkl\}$ oder die correlaten $\tau \{hlk\}$, $\tau \{efg\}$, $\tau \{egf\}$ wobei

$$\begin{cases} e = -h + 2k + 2l \\ f = 2h - k + 2l \\ g = 2h + 2k - l. \end{cases}$$

Diese vier Gestalten unterscheiden sich als rechte und linke, directe und inverse und geben zusammengenommen (vide Fig. 1) den Complex der hexagonalen Dipyramide. Die dem ersten Symbole entsprechende Form Fig. 2, ist gebildet von den sechs Flächen

$$\begin{array}{ccc} hkl & lhk & klh \\ \hline \bar{h}\bar{k}\bar{l} & \bar{l}\bar{h}\bar{k} & \bar{k}\bar{l}\bar{h}. \end{array} \} B$$

Durch Drehung dieser Form um die an die Stelle der morphologischen Axe tretende Linie geht sie der Reihe nach in die drei übrigen über.

Die sechs Flächen des Tritorhomboiders sind triclinisch und haben die Gestalt von Rhomben; von den acht Ecken sind zwei dreiflächig, hemitrigonal, die sechs übrigen dreiflächig triclinisch;

die zwölf Kanten zerfallen in sechs gleichwerthige Pol-, sechs ebensolche Seitenkanten.

Wird die morphologische Axe in zwei correlaten Tritorhombodern unendlich lang, d. h. werden die Polkanten parallel, so geht die Form über in die nachfolgende specielle.

2. Das tetarto-hexagonale Tritoprisma $\tau \{pqr\}$ oder $\tau \{prq\}$ wenn $p + q + r = 0$.

Die beiden Formen unterscheiden sich als linke und rechte und gehen durch Drehung um die morphologische Axe in einander über, die dem ersten Symbol entsprechende Form Fig. 3 besteht aus den Flächen

$$C \left\{ \begin{array}{lll} pqr & rpq & qrp \\ \bar{p}\bar{q}\bar{r} & \bar{r}\bar{p}\bar{q} & \bar{q}\bar{r}\bar{p} \end{array} \right. \quad p + q + r = 0$$

sie ist geometrisch dem holo-hexagonalen Protoprisma ident, jedoch gegen dasselbe unter einem variablen Winkel um die morphologische Axe gedreht.

Die sechs Flächen dieses Tritoprismas sind triclinisch; die sechs Kanten parallel der morphologischen Axe sind je drei und drei gleichwerthig, je nachdem sie auf der gleichnamigen Seite eines primären oder eines secundären Hauptschnittes liegen.

Der Querschnitt (eine hemitrigonale Ebene) ist ein symmetrisches Sechseck scheinbar hexagonalen Charakters, da die parallelen Seiten gleichwerthig sind.

3. Das tetarto-hexagonale Protorhombodern $\tau \{hkk\}$ und $\tau \{eff\}$, es entsteht aus der allgemeinen Gestalt, wenn die Normale von $\{hkl\}$ in den primären Hauptschnitt P fällt; der Pol von $\{hkl\}$ ist dann ein Punkt des Zonenkreises $[01\bar{1}]$, daher ist $k = l$; die Ebenen A bilden die Gestalt

$$D \left\{ \begin{array}{lll} hkk & kkh & kkh \\ \bar{h}\bar{h}\bar{k} & \bar{k}\bar{h}\bar{k} & \bar{k}\bar{k}\bar{h} \end{array} \right. \quad \text{Fig. 4.}$$

Die zweite hierhergehörige Form ergibt sich durch Ersatz von hkl durch efg ; sie ist gegen die erste um 60° gedreht.

Die Flächen, Kanten und Ecken verhalten sich genau wie die des Tritorhomboderns, was sich auch daraus ergibt, daß die Wahl dieser Form nur conventionell ist; sie ist physikalisch vollkommen ident mit dem Tritorhombodern.

Das gleiche gilt bezüglich des

4. Deuterorhomboiders $\tau \{hil\}$ und $\tau \{lih\}$ das dann entsteht, wenn der Pol von $\{hkl\}$ in den secundären Hauptschnitt Q' fällt; dann muß ja, da $[\bar{1}2\bar{1}]$ das Symbol dieses Zonenkreises,

$$k = \frac{h+l}{2} \quad \text{sein}$$

wir erhalten ein gegen das Protorhomboider um 30° gedrehtes mit den Flächen

$$\begin{array}{ccc} hil & lhi & ilh \\ \hline \bar{h}\bar{i}\bar{l} & \bar{l}\bar{h}\bar{i} & \bar{i}\bar{l}\bar{h} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{ccc} hil & lhi & ilh \\ \hline \bar{h}\bar{i}\bar{l} & \bar{l}\bar{h}\bar{i} & \bar{i}\bar{l}\bar{h} \end{array}} \right\} E$$

und die gleichen physikalischen Verhältnisse. Fig. 5.

5. Das tetarto-hexagonale Protoprisma $\tau \{2\bar{1}\bar{1}\}$ tritt auf, wenn der Pol hkl in die Hauptzonenkreise P und T fällt. Dies gibt die Flächen

$$\begin{array}{ccc} 2\bar{1}\bar{1} & \bar{1}2\bar{1} & \bar{1}\bar{1}2 \\ \hline \bar{2}11 & 1\bar{2}1 & 11\bar{2} \end{array} \quad \text{Fig. 6} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{ccc} 2\bar{1}\bar{1} & \bar{1}2\bar{1} & \bar{1}\bar{1}2 \\ \hline \bar{2}11 & 1\bar{2}1 & 11\bar{2} \end{array}} \right\} F$$

physikalisch ist dieses Prisma ident mit dem Tritoprisma; seine Flächen sind zu den primären Hauptschnitten senkrecht.

6. Das tetarto-hexagonale Deuteroprisma $\tau \{10\bar{1}\}$ Fig. 7.

Der Pol von hkl liegt in den Zonenkreisen T und Q' ; die zugehörigen Flächen sind

$$\begin{array}{ccc} 10\bar{1} & 0\bar{1}1 & \bar{1}10 \\ \hline 101 & 01\bar{1} & 1\bar{1}0 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{ccc} 10\bar{1} & 0\bar{1}1 & \bar{1}10 \\ \hline 101 & 01\bar{1} & 1\bar{1}0 \end{array}} \right\} G$$

Dem Tritoprisma physikalisch ident, gegen das Protoprisma um 30° gedreht, seine Flächen sind senkrecht zu den secundären Hauptschnitten.

7. Das tetarto-hexagonale Pinakoid $\tau \{111\}$; der Pol von hkl fällt in die Hauptzonenkreise P und Q' ; die Gestalt besteht aus den zwei Flächen

$$111 \quad \bar{1}\bar{1}\bar{1} \quad \left. \vphantom{111 \quad \bar{1}\bar{1}\bar{1}} \right\} H$$

sie sind hemitrigonal.

Damit ist die Reihe der einfachen tetartohexagonalen Gestalten abgeschlossen, da eine Hemiedrie in dieser Abtheilung nicht mehr möglich ist.

Ich füge noch hinzu einige tetartohexagonale Combinationen, beobachtet am Dioptas, Ilmenit, Phenakit und Dolomit: nämlich Fig. 8 Dioptas

$$\begin{array}{cccc} \tau\{100\} & \tau\{10\bar{1}\} & \tau\{21\bar{1}\} & \tau\{03\bar{1}\} \\ r & a & t & x \end{array}$$

Die Streifung auf r (parallel der Combinationskarte mit x) so wie die auf a (vertical und parallel der Combinationskarte mit x) zeigen den triclinen Charakter der Flächen

Fig. 9 Ilmenit

$$\begin{array}{cccc} \tau\{111\} & \tau\{4\bar{1}\bar{1}\} & \tau\{3\bar{2}2\} & \tau\{61\bar{4}\} \\ o & l & p & x \end{array}$$

Fig. 10. Phenakit

$$\begin{array}{cccccccc} \tau\{100\} & \tau\{10\bar{1}\} & \tau\{2\bar{1}\bar{1}\} & \tau\{011\} & \tau\{\bar{1}22\} & \tau\{021\} & \tau\{\bar{1}21\} & \tau\{20\bar{1}\} \\ r & a & b & e & z & p & w & s \end{array}$$

Fig. 10. a. Dolomit

$$\begin{array}{cccc} \tau\{111\} & \tau\{10\bar{1}\} & \tau\{100\} & \tau\{30\bar{2}\} \\ o & a & r & y \end{array}$$

Bezüglich der Zeichnungen bemerke ich, daß diejenigen Formen, welche geometrisch mit solchen der v. Lang'schen Taf. IV coincidiren, vom Original zu Taf. IV copirt wurden, das mir Herr Prof. v. Lang mit der größten Liberalität zur Disposition stellte.

Hiefür, so wie für seine Unterstützung bei Ausführung dieser Arbeit überhaupt, bin ich demselben zum größten Danke verpflichtet; ebenso Herrn Director Tschermak, dem ich die Benützung des Materiales und der Bibliothek des Hofmineraliencabinets verdanke: endlich Herrn Dr. Schrauf für die freundliche Theilnahme, mit der er dem Verlaufe dieser Arbeit folgte.

Was das physikalische Verhalten der Krystalle dieser Abtheilung betrifft, wissen wir nur so viel, daß dieselben optisch einaxig ohne Circularpolarisation sind (Phenakit und Dioptas); eine vierte hierher gehörige Substanz, Dolomit, dessen tetartosymmetrische Ausbildung von mehreren Autoren bestätigt wird ¹⁾, ist in allen seinen Eigenschaften (auch den sehr wichtigen der Cohäsion, die an den Ätzfiguren beobachtet wurde ²⁾) dem Calcit vollkommen isomorph; keine qualitative Abweichung von der Symmetrie desselben; ebenso verhalten sich die, obwohl unvollkommen untersuchten, Ilmenit und Hämatit. Nur Dioptas zeigt durch seine eigenthümliche Streifung eine weitere Bestätigung der Tetartosymmetrie.

Bei Phenakit, Ilmenit und Dolomit wäre daher auch der Fall möglich (und speciell Prof. v. Lang ist dieser Ansicht), daß ihre tetartosymmetrische Ausbildung nur ein Fall von Meroedrie wäre, wie er ja im rhombischen System als typisch monoklinische Ausbildung häufig ist. Die Analogie mit Hämatit, resp. Calcit spricht für diese Auslegung, das constante Auftreten, das selbst den Fundort zu bestimmen erlaubt, am Phenakit, sowie die constante Streifung am Dioptas sprechen dagegen; ein sicherer Schluß wäre ohne Zweifel aus der Untersuchung der Härte zu ziehen.

Wir haben des Erfahrungssatzes erwähnt, daß die tetartohexagonalen Krystalle optisch sich wie holohexagonale, resp. rhomboedrische (hemihexagonale) verhalten.

Ein abweichendes Verhalten, nämlich Circularpolarisation, zeigen die hemiedrischen, hemihexagonalen Substanzen Quarz und überjodsaures Natron; vom Zinnober ist blos eine einzige Fläche *hkl* beobachtet ³⁾, es ist daher unentschieden, welcher Abtheilung er angehört. Damit mag folgendes krystallographisches Factum in Causalnexus stehen.

¹⁾ Lévy. Collection Heuland. Londres 1838. I. 119. Dana and Brush. Mineralogy. 5. ed 682. Hoboken, New. Jersey.

²⁾ v. Kobell. Sitzungsab. d. bairischen Akad. d. Wiss. 1862, I.

³⁾ Schabus. Wiener Sitzungsberichte Jännerheft 1851. pag. 16: „welche Art von Flächenvertheilung bei der ungleichkantigen sechsseitigen Pyramide statt hat, konnte ich, da ich nur eine vollkommen scharf ausgebildete Fläche beobachtete nicht ermitteln, und habe sie daher als vollflächig angenommen.“

Verzeichnet man die Flächenpole der allgemeinen Gestalten des hemiedrischen- rhomboedrischen, Fig. 11, des hemiedrischen gyroidalen, Fig. 12 und des tetartoheagonalen Systems Fig. 13, und zwar obere und untere Hälfte, in sphärischen Projectionen, so zwar, daß das Auge in beiden Fällen auf der oberen Seite des Krystalls gedacht wird, die untere Hälfte also nicht umgeschlagen, sondern wie durch die obere Hälfte gesehen erscheint, und deutet man durch Pfeile die Richtung von den primären (beispielsweise) Hauptschnitten gegen den Pol (hkl) . . . an, so erhält man in den Krystallen ohne Circularpolarisation die oberen und unteren Pfeile im selben Sinne gerichtet, während sie bei den Krystallen mit Circularpolarisation entgegengesetzt gerichtet sind; es sind also, um ein Bild zu gebrauchen, die letzteren Krystalle gewissermaßen tordirt, während die ersteren nur um ihre morphologische Axe gedreht erscheinen; dasselbe ergibt sich, wenn man z. B. von den Flächen des Hauptrhomboeders Pfeile zu den anliegenden hemiedrischen Flächen zieht.

Ein weiteres Analogon hiermit bieten die Reusch'schen Versuche über Nachbildung der Circularpolarisation durch treppenförmige Übereinanderlagerung zweiaxiger Krystallplatten, die ja ebenfalls, Fig. 14, obere und untere Hälfte entgegengesetzt gewunden zeigen.